



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
COORDENAÇÃO DE PESQUISA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA – PIBIC

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE FILMES DE
DIFERENTES BIOPOLÍMEROS INCORPORADOS COM
EXTRATO DA CASCA DE JAMELÃO**

Área do conhecimento: Engenharia de Alimentos
Subárea do conhecimento: Biotecnologia
Especialidade do conhecimento: Microbiologia de Alimentos

Relatório Final
Período da bolsa: de agosto/2018 a julho/2019

Este projeto é desenvolvido com bolsa de iniciação científica
PIBIC/CNPq

SUMÁRIO

- 1. Introdução**
- 2. Objetivos**
- 3. Metodologia**
- 4. Resultados e discussões**
- 5. Conclusões**
- 6. Perspectivas de futuros trabalhos**
- 7. Referências bibliográficas**
- 8. Outras atividades**

1. Introdução

Existe uma vasta quantidade de frutas exóticas pouco exploradas no país, as mesmas apresentam um potencial para a agroindústria, possibilitando a entrada de pequenos produtores no mercado seletivo de frutas exóticas, onde os consumidores dão vasta importância ao caráter exótico da fruta e seus nutrientes, além do fato de que o consumo de frutas tropicais vem aumentando, tanto nacionalmente quanto internacionalmente (GODOY et al., 2013).

O jamelão é popularmente conhecido por diversos nomes: jambolão, azeitona-do-nordeste, murta, entre outros, variando de região em região, é uma fruta pertencente a países tropicais, sendo encontrado em todo território brasileiro e se destacando pela riqueza de diversos biocompostos (BARCIA, 2009). No país, é facilmente encontrado na região nordeste e sua árvore caracteriza-se por ser de grande porte (15 a 20 metros) com copa densa. Suas folhas possuem uma coloração verde lustroso e suas flores são hermafroditas, possuindo uma coloração branca e em grandes quantidades em ramos axilares ramificados (FRAUCHES, 2017). Tendo o nome científico de *Syzygium cumini* e pertencente à família Mirtaceae (SILVA, et al 2017).

Além de seus frutos se caracterizarem por alta atividade antioxidante, é também uma fonte rica em antocianinas, delphinidina-3-glicosídeo, petunidina-3-flicosídeo e malvidina-3-glicosídeo, como exemplo. Estudos apontam outras propriedades atribuídas ao fruto, como atividade hipoglicemiante, sendo as antocianinas, ácido elágico, quercetina e rutina os principais compostos responsáveis por essas atividades (VIZZOTTO et al, 2008).

Apesar de ser um fruto rico em compostos bioativos, boa parte das frutas são desperdiçadas na época da safra, devido ser uma árvore com alta produção de frutos associado a um curto período de produção, além disso, seus frutos são altamente perecíveis e pouco aproveitados pela indústria devido à falta de viabilidade tecnológica para sua industrialização (BARCIA, 2009).

Os alimentos, de forma geral, possuem constante atividade, provocando alterações químicas, físicas, microbiológicas e enzimáticas resultando na perda de qualidade e redução da vida útil. Uma forma de evitar ou retardar essas alterações é por meio do uso de embalagens (ALMEIDA, 2010).

Nos últimos anos observa-se o crescente interesse da população pela redução do impacto ambiental gerado pelo homem, então se começou a pesquisar substitutos para embalagens tradicionais, feitas de polímeros sintéticos por materiais biodegradáveis e derivados de fontes renováveis. As embalagens atuais, apesar de possuírem bons resultados para diversos tipos de alimentos acarretam uma gama de problemas ambientais, o que faz a indústria buscar novos tipos de embalagens (BERTAN, 2008).

Segundo Takeuchi (2012), esses novos tipos de embalagens (ativas), geralmente são produzidas para corrigir deficiências das embalagens passivas (tradicionais). A embalagem ativa é aquela que adiciona algum outro papel na preservação do alimento, que não seja o de ser uma barreira inerte a causas externas. São classificadas como sistemas emissores

quando adicionam compostos ativos aos alimentos (água, antimicrobiano, aromas, conservantes e absorvedores de substâncias indesejadas, tais como oxigênio, radicais livres, etileno e dióxido de carbono). Para a produção de filmes biodegradáveis, geralmente é utilizado o método *casting*, onde é feita a solubilização dos biopolímeros em um solvente (comumente água ou etanol) e adicionado um aditivo plastificante para se obter uma solução filmogênica, após esse preparo, essas soluções são secas para posteriormente serem utilizadas.

Dentre os polissacarídeos utilizados na produção de filmes e revestimentos biodegradáveis, o amido é o biopolímero natural mais empregado, ele é uma alternativa devido ao seu fácil processamento, baixo custo, abundância, biodegradabilidade, comestibilidade e fácil manipulação (DURANGO et al., 2009).

Os vegetais utilizam o amido como reserva de energia, estando armazenado em grânulos com certo grau de organização, conferindo um caráter parcialmente cristalino, com graus de cristalinidade que varia de 20 a 45 %. A aplicação desse polissacarídeo na produção de filmes vem das propriedades químicas, físicas e funcionais da amilose para formar géis e consequentemente formação de filmes. Quando essas moléculas estão em uma solução, tem a tendência de se organizar paralelamente, devido sua linearidade, ficando próximas suficientes para que se formem ligações de hidrogênio e hidroxilas de polímeros adjacentes, tem como resultado a redução da afinidade do polímero com a água e favorecendo a formação de filmes opacos e resistentes (ARAUJO, 2014)

Devido às suas características, diferentes trabalhos com diferentes tipos de amidos foram reportados na literatura como o de Gaudin et al. (2000) que desenvolveram filmes a partir do amido de trigo e sorbitol como plastificante; ou de Mali et al. (2004), que elaboraram filmes com amido de inhame e glicerol; há também a pesquisa de Zullo e Iannace (2009) que formularam filmes com amido de milho, de trigo e batata, utilizando glicerol e ureia; bem como o de Lopéz et al. (2011) que produziram filmes a partir do amido de milho nativo e do milho acetilado com glicerol e o de Pelissari et al. (2013) que pesquisaram filmes elaborados com amido e farinha de banana.

Além do amido, também existem filmes que tem como polímero principal uma proteína, estes são finos, transparentes e flexíveis, apresentando altas propriedades contra barreira de oxigênio, dióxido de carbono e compostos voláteis, porém não apresentam uma efetividade para a permeabilidade ao vapor de água. Uma das proteínas mais utilizadas é a gelatina, esta foi um dos primeiros insumos empregados na formação de biomateriais e é um dos biopolímeros mais trabalhados, devido sua propriedade de formar filmes e ser uma matéria prima abundante e de baixo custo (OLIVEIRA, 2017).

Gómez-Estaca et al. (2009) estudaram filmes a base de gelatina extraída de atum com adição de extrato de orégano e alecrim. Já Gómez-Cuillen et al. (2007) elaboraram filmes como o mesmo polímero, porém com incremento de extrato de folhas de murta. Bertan et al. (2005) introduziram resina hidrofóbica em filmes de gelatina e estudaram suas propriedades físico químicas. Por outro lado, Tongnuanchan et al. (2015) produziram filmes de gelatina adicionando óleo de palma livre.

Outro polímero comumente utilizado para a elaboração de filmes é a pectina, largamente utilizada na indústria de alimentos devido a suas propriedades coloidais. As pectinas de baixa metoxilação possuem uma capacidade de formar géis fortes e insolúveis, enquanto as de alto grau de metoxilação são utilizadas em geleias, necessitando de um alto teor de sólidos solúveis (EÇA, 2015). Devido a essa capacidade de formar géis insolúveis quando reage com cátions multivalentes, a pectina, além de ser um excelente biopolímero para se utilizar em filmes, também é reconhecido pela *Food and Drug Administration* (FDA) como uma substância segura em alimentos. Diversos trabalhos têm sugerido o uso da pectina de maneira isolada ou como co-polímeros (SANTOS, 2017).

Essa substância vem sendo muito estudada na elaboração de filmes em combinação com outras matrizes, como o alginato estudado por Silva et al. (2009), ou álcool vinílico e quitosana relatado por Tripathi et al. (2010), bem como com gelatina reportado por Jo et al. (2005) e com adição de extratos de acerola, caju, mamão, pequi; e morango reportado por Eça (2005).

A quitosana também é outro polímero de destaque, possui alta biodegradabilidade, atóxico além de possuir potencial antimicrobiano contra várias bactérias, fungos filamentosos e leveduras, sendo assim, é explorado por diversas outras indústrias, como a farmacêutica. (REMEDIO, 2016). Quando secos, os filmes deste polímero apresentam uma baixa permeação de gases, sendo muito recomendado para alimentos lipídicos (REIS, 2005).

Kitter et al. (1998) estudaram a permeabilidade de vapor d'água de filmes de quitosana, assim como Suyama et al. (2004) que também estudaram essa propriedade, porém adicionaram ácido polilático na formulação do filme. Chien et al. (2007) avaliaram os benefícios de se tratar fatias de manga minimamente processadas com soluções de quitosana em diferentes concentrações.

Há trabalhos na literatura reportando o soro do leite como um ótimo agente filmogênico. O filme é formado devido à desnaturação térmica das proteínas do soro, solubilizadas em água, formando a solução filmogênica. Esses filmes são caracterizados pela sua transparência, flexibilidade, ausência de odor e sabor. Devido à desnaturação, a estrutura da proteína sofre alterações, sendo assim grupos hidrofóbicos estabelecem ligações com dissulfeto durante a secagem, sendo assim os filmes são mais fortes e insolúveis em água (DIANIN, 2016).

Alguns trabalhos com esse polímero foram reportados por Min e Krochta (2007) ao desenvolverem uma película de cobertura à base de proteína do soro contendo ácido ascórbico para controle da oxidação em amendoim. Além das pesquisas de Cerqueira et al. (2011) que aplicaram filmes de proteína do soro em goiabas maduras e Silva (2013) que aplicou esse tipo de filme com glicerol e goma alfarroba em abacaxis no processo de secagem.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo determinar as propriedades funcionais do extrato Etanólico da farinha da casca de jamelão, produzir um biofilme com polímeros biodegradáveis associado ao extrato da casca de jamelão visando a utilização dessa embalagem em alimentos.

2. Objetivos

Caracterizar e extrair compostos antioxidantes e antimicrobianos da farinha da casca do jamelão, para aplicação em biofilmes de diversos polímeros.

3. Metodologia

3.1 Matéria Prima

Os frutos foram obtidos no mercado central da cidade de Aracaju – SE e transportado para o Departamento de Tecnologia de Alimentos – UFS. Antes de serem utilizados, os frutos foram sanitizados com hipoclorito de sódio a 200 ppm por 30 minutos com subsequente enxágue por 10 minutos. Em seguida, foram descascados mecanicamente em despulpadora industrial e colocados para secar a 40°C em desidratador com circulação de ar tipo pardal por aproximadamente por 20 horas, obtendo uma umidade final de 7-10%, por fim a casca seca foi processada em moinho a fim da obtenção da farinha, que foi armazenada em embalagens laminadas, protegidas da luz, sob vácuo e congelada a -18°C até o momento do uso.

3.2 Análises Físico-Químicas

A farinha da casca de jamelão foi avaliada quanto aos teores de umidade, cinzas, lipídeos, pH, sólidos solúveis, acidez titulável e cor. As análises foram realizadas em triplicata, de acordo com os métodos analíticos do Instituto Adolfo Lutz (2005), (2008) ou AOAC (1995).

3.2.1 Determinação de Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem direta em estufa a 105 °C até peso constante, seguindo o método 012/IV do Instituto Adolfo Lutz (2005). O resultado foi expresso em porcentagem de água (% H₂O).

3.2.2 Determinação de cinzas

A determinação de cinzas foi realizada pelo método de incineração a 550 °C em mufla, utilizando dois gramas de cada amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2005). O resultado foi expresso em porcentagem de cinzas.

3.2.3 Determinação de lipídios

O teor de lipídios foi determinado segundo o método 032/IV das normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), o qual consistiu na extração dos lipídios de 2,5 g das amostras adicionadas em papel filtro e em seguida acondicionadas em extrator Soxhlet se empregando hexano como solvente extrator, a extração ocorreu durante aproximadamente 8 horas. Após esta etapa foi removido o excesso do solvente e o balão levado à estufa para secagem e a remoção total do solvente. O teor de lipídios foi expresso em % de lipídeos.

3.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para determinação do pH foi utilizado o método Potenciométrico, onde o pHmetro foi previamente calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0, seguindo metodologia (017/IV) do Instituto Adolfo Lutz (2005).

3.2.5 Determinação da Acidez Total Titulável

O teor de acidez foi determinado pelo método de acidez titulável por volumetria potenciométrica, por titulação com NaOH 0,1M o qual se aplica a soluções fortemente coloridas, onde o ponto de equivalência é determinado pela medida do pH da solução (IAL, 2008, 311/IV) e os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico por 100 g de amostra.

3.2.6 Determinação do Teor de Sólidos Solúveis

Os sólidos solúveis totais (a 25 °C) foram quantificados por leitura direta, com uso de um refratômetro portátil (MOD TR-30 ATC) de acordo com o método 315/IV proposto pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e os resultados foram expressos °Brix.

3.3 Determinação dos compostos bioativos

3.3.1 Determinação de compostos fenólicos.

Os compostos fenólicos totais foram determinados de acordo com o procedimento convencional espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu adaptado por Swain e Hillis (1965) modificado por Thaipong et al. (2006). Esta análise consistiu da de adição de 150 µL dos extratos da polpa e da casca *in natura*, 2400 µL de água destilada, e 150 µL de reagente de Folin-Ciocalteu 0,25 N em tubo de ensaio, em seguida, foram homogeneizados com Vortex. A mistura foi deixada a reagir durante 3min, em seguida, 300 µL de solução de carbonato de sódio (Na₂CO₃) 1N foi adicionada e homogeneizada. A solução foi incubada à temperatura ambiente em no escuro, durante 2 h. A absorbância a 725nm foi medida utilizando um espectrofotômetro (Rayleigh modelo UV-2601) e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes em ácido gálico (mg GAE / g de extrato seco), calculados por meio de uma curva padrão de ácido gálico, a qual foi construída nas concentrações de (20-160 mg/L) para comparação dos resultados. Diluições adicionais do extrato foram realizadas quando o valor de absorbância não estava dentro do intervalo da curva.

3.3.2 Determinação de Flavonoides Totais

O teor de flavonóides foi determinado conforme o método descrito por Boroski et al.(2015) com algumas modificações. Esta análise consistiu da adição de 500 µL de cada extrato em 250 µL de uma solução de cloreto de alumínio 5,0% em etanol (v/v) e 4,25 mL de etanol 70,0%. Essa mistura foi homogeneizada e mantida em temperatura ambiente, no escuro por

30 min, em seguida foi realizada a leitura da absorbância em 425 nm utilizando um espectrofotômetro (Rayleigh modelo UV-2601). O branco foi preparado conforme as etapas citadas anteriormente em substituição da adição do extrato por etanol. Foi construída uma curva padrão de quercetina (0,0-100 mg / L) (diluída em etanol 70,0%) para comparação.

3.3.3 Determinação de antocianinas monoméricas totais

O teor de antocianina monomérica total (TMA) foi determinado utilizando o método de pH diferencial citado por Santos *et al.* (2010) e descrito por Giusti e Wrolstad (2001) com algumas modificações, o qual se baseia na transformação estrutural do cromóforo de antocianina em função do pH. Foi utilizado espectrofotômetro (Rayleigh modelo UV-2601) para medições espectrais no comprimento de onda de absorbância máxima (aproximadamente 512-520 nm) e 700 nm, utilizando água destilada como um branco. Para este efeito, foram preparadas duas diluições da amostra: uma com tampão de ácido clorídrico / cloreto de potássio pH = 1,0 e a outra com tampão acetato de sódio / ácido acético pH = 4,5. Os valores de pH dos tampões foram medidos utilizando-se um medidor de pH (Digimed, modelo DM-22, São Paulo, Brasil) calibrado com tampões a pH 4,01 e 6,86 e ajustados com HCl (99,5% Ecibra, Santo Amaro, Brasil). Alíquotas de 0,5 mL de extrato foram colocadas em balões volumétricos de 25 mL, e estes foram completados com os tampões de pH 1,0 e 4,5; 15 min mais tarde, a absorbância de cada solução equilibrada foi medida no comprimento de onda de absorção máximo (512 ou 520 nm) e 700 nm utilizando células de vidro de comprimento de trajeto de 1 cm. Diluições adicionais do extrato foram realizadas quando o valor de absorbância foi maior que 1,0.

Determinou-se o fator de diluição (DF) (volume final sobre o volume da amostra original). A diferença nos valores de absorvância a pH 1,0 e 4,5 é diretamente proporcional à concentração de TMA. O teor de antocianina foi calculado como cianidina-3-glicósido (PM = 449,2 g / mol e ϵ = 26,900 L / mol.cm) e os resultados foram expressos como mg de 3-cy-glicósideo/g de material seco. A absorvância da amostra diluída e da TMA foram calculadas com as Eqs:

$$A = (A_{\text{máx}} - A_{700})_{\text{pH1,0}} - (A_{\text{máx}} - A_{700})_{\text{pH4,5}}$$

$$\text{TMA} = (A * \text{MW} * \text{DF} * 1000) / (\epsilon * l)$$

3.4 Produção do extrato com capacidade antioxidante e antimicrobiana.

Utilizou-se a farinha da casca do jamelão na preparação de um extrato hidroetanólico 70 %. Para a extração foram utilizadas 1:10 m/v de amostra em álcool etílico 70%, homogeneizadas por uma hora em banho de ultrassom em temperatura ambiente e, em seguida, filtrado a vácuo e rotaevaporado em pressão reduzida a 40 °C, por fim o extrato foi mantido em frasco âmbar e congelado até o uso (BOROSKI, 2015).

3.4.1 Determinação da capacidade antioxidante do extrato

O extrato produzido com a farinha da casca de jamelão foi avaliado quanto à atividade antioxidante pelos métodos de captura dos radicais DPPH, ABTS+ e pelo potencial redutor do ferro (FRAP) de acordo com metodologias descritas a seguir.

3.4.1.2 Método de captura do DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)

A captura do radical DPPH foi realizada de acordo com o procedimento descrito por Boroski et al. (2015), no qual inicialmente o extrato foi diluído em metanol de forma a perfazer uma concentração final de 2 mg/ml, e a partir destes foram pipetados volumes iniciais de 25, 50, 75 e 100 µL (diluições) para tubos de ensaio em triplicata e ao abrigo da luz foi adicionado 2,0 ml da solução metanólica do radical DPPH (previamente preparada). A mistura foi mantida em repouso por 30 minutos até a estabilização, e em seguida foi feita a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Rayleigh modelo UV-2601) a 517 nm contra o branco (metanol). Também foi feita a medida da solução controle de DPPH. Para cálculo dos resultados, primeiramente foram construídas curvas dos valores das % de inibição do radical versus a concentração do extrato empregada.

$$\% \text{ Inibição do DPPH} = (ABSDPPH - ABSAMOSTRA) / ABSDPPH * 100$$

Em seguida foi determinada a concentração necessária para inibir 50 % do radical (EC50 %) por meio da regressão linear obtida nas curvas de inibições. Os valores de EC50 % foram expressos em µg/g de extrato.

3.4.1.3 Método de captura do ABTS+ (2,2'-azino-bis ácido 3-etilbenzotiazolina-6- sulfônico).

Esse método é utilizado com base na capacidade de uma amostra para inibir o radical ABTS (ABTS+) comparando com um padrão de referência antioxidante (Trolox). O radical ABTS+ foi gerado por reação química com o persulfato de potássio (K₂S₂O₈). Para este efeito, 5 ml de ABTS (7 mM) foi misturado com 88 µL de K₂S₂O₈ (140 mM) e deixada em repouso na escuridão à temperatura ambiente durante 16 h (o tempo necessário para reagirem e formarem o radical). A solução de trabalho foi preparada tomando-se uma alíquota de 1 mL da solução anterior e diluindo-o em etanol até que a sua absorbância a 734nm fosse de 0,70±0,05. Assim que ajustado, 30 µL dos extratos previamente diluídos (3 diluições) foram colocados para reagir com 3,0 mL da solução de trabalho e homogeneizados. Após 6,0 min, fez-se a leitura da absorbância em 734 nm usando o espectrofotômetro UV (Rayleigh modelo UV-2601). As curvas padrões foram feitas com Trolox nas concentrações de 100 – 2000 µmol/L, onde o trolox foi dissolvido em etanol nas concentrações de 70, 80 e 90 % respectivamente. Os resultados obtidos foram expressos em µmol equivalente de Trolox (TE) / g extrato seco em comparação as curvas padrões. Cada uma das amostras foi analisada em triplicata.

3.4.1.4 Método do poder redutor do Ferro (FRAP)

O potencial redutor dos extratos foi avaliado pelo teste FRAP (*Ferric Reducing Ability Power*), seguindo o procedimento descrito por Boroski et al. (2015) com algumas adaptações. A solução de trabalho (FRAP) foi obtida a partir da mistura das soluções estoque de acetato de sódio 300 mmol L⁻¹, cloreto férrico 20 mmol/L e TPTZ 10 mmol/L nas proporções 10:1:1(v/v/v) respectivamente. Posteriormente, uma alíquota de 3,0 mL do reagente FRAP recém-preparado (que representa o branco) foi misturada com 100 µL de cada extrato e 300 µL de água destilada. A mistura foi homogeneizada e incubada em

banho maria a 37 °C por 20 min e em seguida foi realizado a leitura da absorbância em 593 nm, o reagente FRAP foi empregado para calibrar o espectrofotômetro (Rayleigh modelo UV-2601). Diluições adicionais foram necessárias quando o valor medido não se encontrava dentro do intervalo da curva ($abs > 1,2$). Para construção da curva de calibração foi utilizado uma solução de sulfato ferroso ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) nas concentrações de 500-2000 $\mu mol/L$. Os resultados foram expressos em μmol de sulfato ferroso/ g de extrato seco em comparação a curva padrão. As amostras foram analisadas em triplicata.

3.4.2 Avaliação da Atividade Antimicrobiana

A avaliação da atividade antimicrobiana do extrato produzido foi avaliada pelo método de disco-difusão em ágar, que está descrita a seguir.

3.5.4.1 Preparo do inóculo

Para avaliação da atividade inibitória do extrato etanólico da farinha da casca de jamelão foram utilizadas sete cepas de microrganismos variando entre bactérias gram positivas (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* e *Bacillus subtilis*) e gram-negativas (*Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*). Para tal, os inóculos foram preparados a partir de 1 mL das culturas padrão dos microrganismos (previamente descongeladas), as quais foram ativadas em 5 mL de caldo Triptona Soya Broth (TSB- Oxoid) a 37°C overnight. A turbidez de crescimento ativo da suspensão bacteriana foi ajustada para coincidir com o padrão de turvação de 0,5 unidades da escala Mc Farland (previamente preparada) correspondente a 10^8 UFC/mL.

3.5.4.2 Método de difusão em disco

Para avaliação antimicrobiana foi escolhido o método de disco-difusão proposto por Jing-En et al. (2015), no qual 100 μL da suspensão bacteriana foram semeados em placas contendo 20 mL de Agar Mueller Hilton (KASVI), previamente preparado, esterilizado, dispensado sobre as mesmas e solidificado. Após a semeadura, quatro discos de papel de filtro de 6 mm foram alocados na superfície do meio, no qual um disco foi adicionado do controle positivo (clorexidina 0,12 %), e um do controle negativo (tampão pH 7) e em dois deles foram adicionados de 10 μL do extrato. A zona de inibição (ZI) do crescimento microbiano foi avaliada pelo diâmetro do halo de inibição em mm ao redor dos discos após 24 horas de incubação a 37 ± 1 °C. Os ensaios foram realizados em triplicatas, e os resultados expressos pela média aritmética dos valores dos halos obtidos nas repetições.

3.6 - Desenvolvimento e testes in vitro das embalagens biodegradáveis.

Todos os filmes foram elaborados pela técnica de *casting*, seguindo a metodologia empregada por Bonilla e Sobral (2016), com modificações. As diferentes formulações de solução filmogênicas preparadas a partir de amido, gelatina, acetato de celulose e glicerol e água foram homogeneizadas em agitador magnético com aquecimento até atingir 70 °C e toda solução ficasse homogênea. Posteriormente, quando a solução atingiu aproximadamente 35 °C, alíquotas foram transferidas para formas de silicones e secas em

temperatura ambiente (25 °C) por 24 horas, por fim os filmes foram armazenados em dessecadores com sílica gel a temperatura ambiente.

1° Formulação: 4% de amido + 1% de glicerol + 1% de bórax.

2° Formulação: 2% de amido + 2% de gelatina + 1% de glicerol + 1% de bórax.

3° Formulação: 3% de acetato de celulose + 1% de glicerol.

4° Formulação: 5% de amido + 1% de quitosana + 1% de glicerol.

Para todas as formulações foram feitos filmes controles (sem extrato) e filmes tendo a concentração de 50% de extrato da casca de jamelão.

3.6.1 Determinação da atividade antioxidante dos filmes

A determinação da atividade antioxidante dos filmes foi mensurada pelos métodos ABTS+, DPPH e FRAP.

3.6.1.1 Método ABTS+

Para avaliar a atividade antioxidante das amostras de filmes pelo método ABTS foi adotada a metodologia de Tong Nuanchan et al.(2012) modificada, onde os cortes das películas (1 cm x 1 cm) a partir de diferentes partes das películas foram adicionados em 2,0 ml de solução diluída de radical ABTS (7 mM de ABTS e persulfato de potássio 140 mM, A734 = $0,7 \pm 0,1$). Os filmes sem extrato foram utilizados como controle. A atividade antioxidante foi expressa em μmol de equivalentes de trolox por grama de filmes usando curva padrão.

3.6.1.2 Método DPPH

A capacidade antioxidante dos filmes produzidos, analisada por meio da capacidade em sequestrar o radical DPPH, foi executada de acordo com Brand-Williams et al. (1995) com modificações. Para quantificação nos filmes foram recortados pedaços de 1 cm² e adicionados 3,9 mL de solução de radical DPPH 0,06 mM, deixando reagir por 45 minutos e em seguida foi realizada a leitura das absorbâncias a 515 nm. Os resultados foram expressos em % de inibição do radical.

3.6.1.3 Método FRAP

O método empregado foi o mesmo descrito no item 3.4.1.4, no entanto ao invés de se utilizar 100 μL de extrato, foram utilizados os filmes variando seus pesos entre 1 e 30 mg de modo que os valores da absorbâncias não ficassem fora do intervalo da curva padrão.

3.6.2 Determinação da atividade antimicrobiana dos filmes

Para determinação da atividade antimicrobiana, primeiramente os filmes de acetato de celulose e amido foram mantidos sob luz ultravioleta (UV) por 15 minutos de cada lado, em câmara de fluxo laminar, visando à descontaminação inicial dos mesmos. A atividade antimicrobiana in vitro dos filmes foi realizada de acordo com o teste de difusão em disco utilizando quadrados de filmes de 1,0 x 1,0 cm, seguindo as metodologias descritas por CLSI (2011) e Gelinski et al. (2007) com adaptações. O inóculo e a semeadura em placas de Petri com as culturas dos micro-organismos para os testes de difusão dos filmes foram obtidas conforme descrito no item 3.5.4.1 e 3.5.4.2, no entanto foi verificada a ação somente sobre as bactérias que foram sensíveis ao extrato. A leitura dos testes foi realizada com auxílio de uma régua milimetrada, utilizando-se a medida do tamanho do diâmetro dos halos de inibição em volta de cada filme, sendo incluído na medição o próprio filme. Foram considerados com ação antimicrobiana os filmes que apresentaram formação de um halo de inibição superior a 10 mm de diâmetro (GELINSKI et al., 2007).

4. Resultados e Discussão

4.1. Características físico-químicas da farinha da casca de jamelão.

Tabela 1- Caracterização físico-química da farinha da casca de jamelão

Amostra	Umidade e (%H ₂ O)	Cinzas (% de cinzas)	Lipídeos (% de lipídeos)	pH	Acidez (g /100g de ác.cítrico)	Sólidos Solúveis (°brix)
Farinha da casca de jamelão	9,32±0,4	4,84±0,09	14,40±0,61	3,21± 0,01	22,41±0,21	6,43±0,24

De acordo com a Tabela 1, podemos ver que a farinha da casca de jamelão tem potencial nutricional podendo ser incorporado em diversos produtos. Em relação ao teor de umidade encontrado, já era esperado esse valor devido ao método de secagem. Quanto ao teor de cinzas, observou-se que foi próximo ao encontrado na literatura (3,46 %) para a casca do jamelão liofilizada (CONSTANCIO, 2015), mesmo utilizando técnicas de secagem diferentes. Em comparação com outras frutas roxas, como mirtilo, outros autores reportaram valores inferiores, como Maioli et al. (2015) que relatou teor de 0,89% e Reque (2012) de 1,13%, ambos para farinha do bagaço do mirtilo. Por outro lado, estudos mostram que a farinha da casca de jabuticaba detém quase a mesma concentração de cinzas que a do jamelão, como relatado por Araujo (2011) que identificou 4,26 %, Ferreira *et al.* (2012) e Lamounier et al. (2015) que reportaram 3,89 % e 4,23 %, respectivamente.

Não foi encontrado na literatura análises da fração lipídica para a farinha da casca de jamelão, porém análises de outras partes da fruta, como o resíduo industrial, apresentou valores diferentes (0,21%) segundo reportado por Silva et al. (2017). Já em relação às análises da polpa, Soares (2015) encontrou valores ainda menores (0,04%), pois sabe-se que o processo de desidratação concentra o teor de lipídio e isso justificaria o alto valor encontrado na presente pesquisa quando comparado com o reportado por Soares (2015). O

teor de lipídeos na farinha do bagaço de mirtilo foi inferior que na farinha da casca de jamelão, pois Reque (2012) encontrou 1,04 % e Maiole relatou 2,44 %.

Quanto ao pH, verificou um valor de 3,21 na presente pesquisa, enquanto que Neves (2017) para a polpa e casca *in natura* observou valores de 4,04 e 3,73, respectivamente. Esses valores caracterizam esse fruto como ácido podendo favorecer o crescimento de leveduras. De uma forma geral, o valor de pH é semelhante com o observado no mirtilo e jabuticaba (frutos semelhantemente roxos, mas mais bem estudados). Goldmeyer et al. (2013) relataram um pH de 3,18 para a farinha do bagaço de mirtilo enquanto Lamounir et al. (2015) observaram um pH 3,27 para a farinha da casca de jabuticaba.

O teor de acidez (porcentagem de ácido cítrico), para a farinha encontrado no presente trabalho foi de 22,41 % Neves (2017) encontrou para polpa e para a casca *in natura* os teores de 7,38 % e 5,80 %, sendo inferior ao encontrado nesse trabalho, possivelmente devido a retirada de água da amostra. Lamounier et al. (2015) encontraram para a farinha da casca de jabuticaba o teor de 9,4 % enquanto Araujo (2011) encontrou 8,6 % para a mesma matéria prima, demonstrando que o jamelão é mais ácido que a jabuticaba.

O teor de sólidos solúveis totais é indicativo da quantidade de açúcares existentes no fruto e é um importante atributo para determinação do seu sabor. O teor encontrado na presente pesquisa foi de 6,43 %, sendo inferior ao relatado por Neves (2017) que encontrou 11 % e 10 % para a casca *in natura* e para a polpa, respectivamente. Lamounir et al. (2015) encontrou um °Brix de 4 para a farinha da casca de jabuticaba e Goldmeyer et al. (2013) quantificou °Brix 0,60 para a farinha do resíduo de mirtilo, indicando que o jamelão é a fruta mais rica desse composto.

4.2 Compostos bioativos da farinha da casca de Jamelão.

Tabela 2 - Médias dos ensaios de Fenólicos Totais, Flavonoides e Antocianinas da farinha da casca de jamelão.

Amostra	Compostos Fenólicos (mg GAE/g)	Flavonoides (mgQE/g)	Antocianinas (mgCE/g)
Farinha da Casca	67,66±3,48	1,77±0,05	4,03±0,01

As frutas são naturalmente fontes de compostos bioativos, a presente pesquisa encontrou aproximadamente o dobro do teor de compostos fenólicos reportado por Neves (2017) (36,50 mg GAE/g) em condições semelhantes, bem como Kapoor e Ranote (2016) para pó da polpa de jamelão, seco em bandejas a 40 °C, obtendo 36,70 mgGAE/g, e Borges (2011) que relatou teor de 28,80mg GAE /g para bagaço de jamelão desidratado em leite de jorro obtido com etanol 70%. Por outro lado, Maran et al. (2014) determinou em seu trabalho, 13,3 mg GAE/g para a polpa do jamelão liofilizada, enquanto Frauches (2017) determinou que a farinha da casca de jamelão teve teor superior ao jambo e inferior a jabuticaba, com um valor de 6,18 mg GAE/g, enquanto os outros frutos apresentaram 1,37 e 21,49 mg

GAE/g para o jambo e a jabuticaba, respectivamente. Valores menores que o encontrado nesse trabalho.

Os flavonoides são o maior grupo entre os compostos fenólicos, eles são importantes devido a benefícios para a saúde diante de suas propriedades antioxidantes, cardioprotetoras e anticancerígenas (CELLI et al., 2011). Neves (2017) encontrou valor próximo ao determinado nessa pesquisa, 1,94 mg QE/g para extrato semelhante. Enquanto outros autores investigaram outras partes da fruta, como Balyan e Sarkar (2016) que determinaram 153 mg/L em extrato da semente do jamelão, Rai et al. (2011) e Bezerra (2015), encontraram 0,11 e 0,16 para a polpa da fruta, indicando que entre a polpa e a casca, essa é onde se concentra a maior parte dos flavonoides.

As antocianinas são pigmentos hidrossolúveis, conferindo uma coloração vermelha, azul ou roxa para os frutos, são reconhecidas por promover benefícios a saúde por sua atividade biológica (CAVALCANTI et al., 2011). Não foi encontrado na literatura teores de antocianinas para a farinha da casca de jamelão, porém valor encontrado nessa pesquisa foi próximo à de autores como Araujo (2014) que verificou teores de 6,49 e 4,38mg CE/g para a polpa de jamelão liofilizado e seco em leito de jorro, respectivamente e superior ao encontrado por Neves (2017) em casca *in natura* (1,04 mgCE/g). Vale ressaltar que esses compostos variam devido a diversos fatores como: a umidade, o tipo de solo, o clima durante o desenvolvimento (DJERIDANE et al., 2013), o grau de maturação dos frutos (BIEGELMEYER et al., 2011), a diferenças genéticas e condições de armazenamento na pós-colheita (PINTO et al., 2010) e localização geográfica do plantio dos frutos (MARTINS et al., 2011; CHENG et al., 2012). Além disso, o método de preparo do extrato, diferenças no solvente de extração, tempo de extração e a base utilizada para medir (g extrato ou g material) também são fontes de variação (CROZIER et al., 2009).

4.3 Atividade Antioxidante do Extrato da farinha da casca de jamelão.

Tabela 3- Atividade Antioxidante do Extrato da farinha da casca de jamelão

Amostra	DPPH - EC 50%	ABTS (μmol de TE /g)	FRAP (μmol de FE (II) /g)
Extrato Etanólico 70%	9,96±0,01	1083,56±0,01	2250±38,92

Peixoto e Freitas (2013) avaliaram extratos a partir da semente do jamelão liofilizadas e secas por pulverização e encontram IC50% de 9,99, valor muito similar ao encontrado no extrato da farinha da casca, enquanto Goldmeyer encontrou para a farinha do bagaço de mirtilo 3,9 e ARAUJO (2011) reportou 3,1 para a farinha da casca de jabuticaba, aproximadamente 1/3 do valor obtido no atual trabalho, indicando que o mirtilo e a jabuticaba são mais eficientes, já que o valor de EC 50% significa a concentração necessária para reduzir ao menos 50% da concentração inicial dos radicais, sendo assim quanto menor o EC 50%, maior o poder antioxidante da amostra.

Em relação à atividade antioxidante por ABTS, Neves (2017), determinou em um extrato em condições semelhantes ao presente estudo, o teor de 921,03 μmol de TE/g, enquanto Constancio (2015) verificou um teor muito menor (71,58 μmol de TE/g) para polpa de jamelão liofilizada, demonstrando que a casca contém a maior quantidade dos compostos antioxidantes que reagem aos radicais ABTS, visto que são mais reativos do que os radicais DPPH, envolvendo transferência de átomos de H, ao contrário da reação com os radicais DPPH, os de ABTS envolvem um processo de transferência de elétrons. Em comparação com a farinha da casca jabuticaba, Araujo (2011) reportou um teor de 1017,8 μmol de TE/g, valor similar ao jamelão.

Diferente dos métodos de DPPH e ABTS+, o ensaio para a quantificação de atividade antioxidante pelo método FRAP, se baseia na habilidade de redução do ferro e não no sequestro de radicais livres como nos outros métodos. Pelo resultado obtido é possível observar uma maior concentração de substâncias responsáveis pela redução de metais na casca do fruto, tal valor pode ser associado aos compostos fenólicos que tem o poder de reduzir Fe III para Fe II. Neves (2017) relatou um valor de 7042 μmol de FE (II)/g em condições semelhantes, porém Balyan e Sarkar (2016) determinaram a atividade antioxidante pelo poder redutor do Ferro (FRAP) na semente do jamelão e encontrou 720,42 μmol de FE (II) /g, demonstrando que a casca é mais rica em tal composto. Frauches (2017) relatou 702,42 μmol de FE (II) /g presente no extrato liofilizado da casca de jamelão, extraídos em acetona 70%. Semelhante ao reportado por Carvalho (2013) que encontrou 814,68 μmol de FE (II) /g em extrato da casca de jabuticaba hidroalcoólico 60% enquanto Marquetti (2014) determinou na mesma matéria prima, com uma extração hidroalcoólica 80% o valor de 169 μmol de FE (II) /g, indicando que o jamelão possui maior atividade antioxidante para esse tipo de ensaio.

4.4 Atividade Antimicrobiana do Extrato da farinha da casca de jamelão.

Tabela 5. Análise da atividade antimicrobiana do extrato da farinha da casca de jamelão pelo método disco-difusão.

<i>Microrganismo</i>	<i>Extrato (mm)</i>	<i>Controle Negativo (mm)</i>	<i>Controle positivo (mm)</i>
<i>Listeria monocytogenes</i>	23,50 \pm 0,50	-	10,33 \pm 0,57
<i>Staphylococcus aureus</i>	11,50 \pm 0,50	-	8,66 \pm 0,76
<i>Escherichia coli</i>	-	-	12,00 \pm 1,00
<i>Salmonella infantis</i>	-	-	11,66 \pm 1,15
<i>Bacillus cereus</i>	-	-	20,5 \pm 4,2
<i>Samonella Enteretidis</i>	-	-	9,5 \pm 0,1
<i>E. coli</i> O157:H7	-	-	15,33 \pm 0,57

-: não observação de halo

É possível observar que apenas as bactérias *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus* foram sensíveis ao extrato e apresentaram um halo de inibição consideravelmente maior que o controle positivo. De acordo com a literatura em geral, as bactérias Gram-positivas são mais sensíveis do que as Gram-negativas, devido à presença de uma membrana externa envolvendo a parede celular das gram-negativas, o que restringe a difusão de compostos hidrofóbicos através de sua cobertura lipopolissacarídica (BURT, 2004). LÁSCARIS et al (2019) encontraram resultado similar para o extrato da farinha da fibra da manga para os mesmos micro-organismos, enquanto Oliveira et al (2007) encontraram atividade contra *Cândida krusei*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* e *Staphylococcus aureus* em um extrato hidraalcoólico da folha do jamelão. *Escherichia coli* e *Candida albicans* foram os microrganismos testados por Corrêa et al. (2018) com extratos de diferentes partes da árvore e do fruto do jamelão, obtendo halos de até 12 mm.

Segundo Xavier (2015) o perfil fitoquímico dos compostos insinua que os constituintes polifenóis podem estar associados à atividade antimicrobiana, os polifenóis apresentam dentre um dos seus inúmeros efeitos a ação da inibição da proliferação celular, apresentam ação antimicrobiana e anti-inflamatória. Os compostos fenólicos afetam diretamente os microrganismos pela a ação que causam nas paredes celulares dos mesmos, que combinado com suas adesinas comprometem a fixação dos microrganismos sobre as células (XAVIER, 2015).

4.5 Atividade Antioxidante dos filmes biodegradáveis.

Tabela 6. Análise Antioxidante dos filmes biodegradáveis.

Filme Biodegradável	FRAP (μmol Fe II/g)	ABTS (μmol TE/g)	DPPH (% de Inibição)
1° Formulação – Controle	350,49±6,43	15,32±1,24	16,39±1,49
1° Formulação + Extrato	503,01±59,01	100,12±3,45	69,01±1,40
2° Formulação – Controle	30,31±2,92	13,21±2,90	10,39±0,09
2° Formulação + Extrato	204,50±3,40	102,19±10,1	52,21±2,03
3° Formulação – Controle	32, 30±2,80	4,00±1,87	1,75±0,63
3° Formulação + Extrato	380, 62±28,11	131,35±1,94	70,70±1,79
4° Formulação – Controle	348,48±5,51	17,36±1,87	19,36±1,10
4° Formulação + Extrato	1233,34±52,8	103,35±1,94	82,63±0,42

Diante os resultados, é possível verificar que de todos as formulações estudadas, o filme que continha quitosana (4º formulação) em sua composição foi o que apresentou maior teor antioxidantes quando analisado pela metodologia FRAP. Esse resultado pode ser explicado devido à quitosana ter capacidade de quelar íons metálicos, tais como o ferro, ligados às moléculas de hemoglobina e mioglobina, o qual age como catalisador da reação (FAI et al., 2008).

Quando se compara os resultados da atividade antioxidante pelas três metodologias, verifica-se que pelo método FRAP os valores foram sempre maiores, independente da formulação analisada. Isso pode ser explicado, pois os filmes foram elaborados em meio aquoso, assim como o método FRAP que também utiliza a água como principal solvente, sendo então o método mais compatível para a análise desses filmes.

De modo geral, é visto que os filmes-controle não apresentam nenhuma atividade antioxidante pelo método de ABTS+ e DPPH, visto que todos apresentaram valores muito baixos, sendo característico das suas matérias primas, enquanto que com a adição do extrato observou uma elevação de 10 vezes nessa atividade, porém os valores também são cerca de 10 vezes menores do que o extrato puro, mostrando que os compostos responsáveis por essas ações antioxidantes reagiram com as matérias primas do filme e possivelmente foram oxidados ou encapsulados.

Oliveira (2017) realizou análises por DPPH em um filme a base de gelatina, incorporando extratos de pitanga, guaraná e hortelã, obtendo valores menores do que o encontrado neste trabalho, 34,6, 20,2 e 11,3 EC 50% µg/g, respectivamente. Bitencourt (2013) formulou um filme tendo como base gelatina e extrato de cúrcuma, obtendo um valor próximo a 40 µmol TE/g; valor também inferior ao encontrado nos testes realizados. Em relação aos filmes controle, Santos (2017) trabalhou com extrato de aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*) incorporando-o em filmes a base de pectina e relatou um valor de 27 µmol TE/g para o filme controle (sem extrato) mostrando que esse polímero apresenta um valor inferior aos utilizados na presente pesquisa.

4.6 Atividade Antimicrobiana dos filmes biodegradáveis.

Tabela 7 – Atividade Antimicrobiana dos filmes biodegradáveis.

Filme Biodegradável	<i>S.aureus</i>	<i>L.monocytogenes</i>
1º Formulação Controle	-	-
1º Formulação + Extrato	-	-
2º Formulação Controle	-	-
2º Formulação + Extrato	-	-
3º Formulação Controle	-	-
3º Formulação + Extrato	-	-
4º Formulação Controle	+	+
4º Formulação + Extrato	++	+

(-) sem halo de inibição; (+) halos de inibição entre 10 - 12 mm; (++) halos de inibição > 14 mm

De acordo com os resultados obtidos, é questionável a utilização das formulações para um filme antimicrobiano, visto que com os resultados obtidos, pode-se afirmar que todos esses

polímeros dificultaram a difusão dos compostos antimicrobianos para o meio, fazendo com que não ocorresse a inibição do microrganismo. Segundo Cagri et al (2001), as substâncias presentes nas composições podem interagir com os compostos bioativos do extrato, se ligando, oxidando-os ou encapsulando-os, impedindo a migração. Os filmes controles (sem incorporação do extrato) não inibiram o crescimento dos micro-organismos (exceto o de quitosana), indicando que os polímeros não afetaram a atividade antimicrobiana do extrato. Trabalhos na literatura indicam que filmes com quitosana apresentam halos maiores, como mostrou Ugalde (2014) em avaliação da atividade antibacteriana de filmes e amido, quitosana e celulose incorporados com diferentes óleos essenciais, assim como Galindo (2017) encontrou atividade antimicrobiana em filmes de gelatina e quitosana utilizando extrato de orégano para *S. aureus* e *E. coli*.

Araujo (2014) testou a atividade antimicrobiana de filmes de amido adicionando extrato de própolis, contra os microrganismos *S. aureus* e *Escherichia coli* e não obteve resultado positivo, supondo que em filmes de amido a concentração de extrato utilizado deveria ser elevado. Magalhães (2012) formulou filmes a partir de acetato de celulose, adicionando óleos essenciais de orégano e cravo, obtendo inibição contra os microrganismos *Staphylococcus aureus*, *Salmonella Choleraesuis* e *Escherichia coli*. Bitencourd (2013), em filmes a base gelatina adicionados extrato de cúrcuma, apresentou atividade antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, assim como Chen, Wang e Weng (2010) que encontrou resultado positivo contra esse microrganismo utilizando extrato liofilizado de aloe vera (*Aloe barbadensis*)

5. Conclusões

Diante os resultados obtidos nessa pesquisa, é possível notar que a farinha da casca do jamelão é uma possível fonte de enriquecimento para alimentos, sendo uma fonte de cinzas e lipídios, para a indústria alimentícia, visando reduzir o desperdício e aumentar o lucro.

Além do extrato ser rico em compostos fenólicos que são benéficos para a saúde. Observaram-se também bons resultados para os ensaios antioxidantes pelos métodos de ABTS+ e FRAP, indicando que podem ser utilizados como aditivos em alimentos. Quanto aos filmes, foi constatado que, dentre os polímeros estudados, o filme adicionado de quitosana, além de apresentar os melhores resultados microbiologicamente, teve resultados satisfatórios nos testes de antioxidantes demonstrando ser um possível filme a ser explorado pela indústria a fim de reduzir as perdas durante o armazenamento de produtos.

6. Perspectivas de futuros trabalhos

Pretende-se trabalhar com mais polímeros e testar a aplicabilidade dos filmes em alimentos.

7. Referencias bibliográficos

ALMEIDA, G. W. R. A. DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILME NANOCOMPÓSITO DE BASE CELULÓSICA E SUA AVALIAÇÃO COMO EMBALAGEM ATIVA ANTIMICROBIANA. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, 2010

Araújo, C. R. R. Composição química, potencial oxidante e hipolipidêmico da farinha da casca de *Myrciaria couliflora* (jabuticaba) / Clináscia Rodrigues Rocha Araújo. – Diamantina: UFVJM, 2011.

BALIGA, M.S., BHAT, H.P., BALIGA, B.R.V., WILSON, R., PALATY, P.L. Phytochemistry, traditional uses and pharmacology of *Eugenia jambolana* Lam. (black plum): a review. *Food Research International*, v.44, p. 1776–1789, 2011.

BARROSO, A. J. R. CALDAS, M. C. S. FEITOSA, M. L. E. SANTOS, Q. B. BRAGA, P. E. P. C. Aceitação Sensorial de Iogurte Sabor Jamelão (*Syzygium cumini* Lamarck) VII CONNEPI (Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação) Palmas, Tocantins, 2012

Bertan L C, Tanata-Palmu P S, Siani A C, Grosso C R F. Effect of fatty acids and ‘Brazilian elemi’ on composite films based on gelatin. *Food Hydrocolloids* 2005; 19: 73-82.

BERTAN, L. C. Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos à base de Polímeros de fontes renováveis e sua aplicação no acondicionamento de pães de forma, Campinas, SP, 2008

BITENCOURT, C. M. Desenvolvimento e aplicação de filmes à base de gelatina aditivados com extrato etanólico de cúrcuma (*Curcuma longa* L.). Dissertação. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2013.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *International Journal of Food Microbiology*, v.94, p.223-253, 2004.

BRANCO, I.G.; MORAES, I.C.F.; ARGANDÔNA, E. J.S.; MADRONAD, G.S.; DOS SANTOS, C.; RUIZE, A.L.T.G.; DE CARVALHO, J.E.; HAMINIUK, C. W.I. Influence of pasteurization on antioxidant and in vitro anti-proliferative effects of jambolan (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) fruit pulp. *Industrial Crops and Products*, v. 89, p. 225–230, 2016.

CERQUEIRA, T. S.; JACOMINO, A. P.; SASAKI, F. F.; ALLEONI, A. C. C. Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. *Bragantia*, v. 70, n. 1, p. 216-221, 2011.

CHIEN, P.; SHEU, F.; YANG, F., Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit, *Journal of Food Engineering*, v.78, p. 225 - 229, 2007

CONSTANCIO, V. S., Efeito da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*), do fruto da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) e do jambolão (*Syzygium cumini*) sobre o perfil lipídico, a glicemia e a endotoxemia em camundongos submetidos à dieta de cafeteria. 84 f. 2015. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre- ES, 2015.

DIANIN, I. M. B. APLICAÇÃO DE PROTEÍNAS DO SORO DE LEITE NA FORMULAÇÃO DE BIOFILME COMESTÍVEL PARA APLICAÇÃO EM FRUTAS, LONDRINA, 2016.

DURANGO, A., S, N. ANDRADE, N. Extração e caracterização do amido de inhame e desenvolvimento de filmes comestíveis antimicrobianos. Temas Agrarios, 2009, p.1-18.

EÇA, K. S. Development of active films from pectin and fruit extracts: Light protection, antioxidant capacity, and compounds stability. Journal of food science, v. 80, n. 11, p. C2389-C2396, 2015.

FERREIRA, A. E.; FERREIRA, B. S.; LAGES, M. M. B.; RODRIGUES, V. A. F.; THÉ, P. M. P.; PINTO, N. A. V. D. Caracterização e uso da casca de jabuticaba. Alim. Nutr., v. 23, n. 4, p. 603-607, out./dez. 2012

FRAUCHES, N. S. EFEITO DE EXTRATOS DE JABUTICABA, JAMELÃO E JAMBO SOBRE LINHAGEM DE ADENOCARCINOMA DE CÓLON HUMANO T-29. Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Alimentos e Nutrição, da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição, RJ 2017

GALINDO, M. V. FILMES BIODEGRADÁVEIS DE GELATINA E QUITOSANA COM ADIÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA CONSERVAÇÃO DE PRESUNTO EMBALADO A VÁCUO. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

GAUDIN, S.; LOURDIN, D.; FORSSELL, P. M.; COLONNA, P. Antiplasticisation and oxygen permeability of starch-sorbitol films. Carbohydrate Polymers, v. 43, p. 33-37, 2000.

GODOY, R. L. O, PORTE, A, GOUBEA, A. C. M. S, BORGUINI, R. G, SANTIAGO, M. C. P. A, PACHECO, S, TORQUILHO, H. S, PORTE, L. H. M. IDENTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS DE JAMELÃO (*Syzygium cumini*) Higiene Alimentar, v.27, n. 218/219, Março/Abril, 2013.

GOLDMEYER et al. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E PROPRIEDADES FUNCIONAIS TECNOLÓGICAS DO BAGAÇO DE MIRTILO FERMENTADO E SUAS FARINHAS Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 36, n. 4, p. 980-987, Dezembro 2014

GÓMEZ-ESTACA, J. et al. Physical and chemical properties of tuna-skin and bovine-hide gelatin films with added aqueous oregano and rosemary extracts. Food Hydrocolloids v. 23, n. 5, p. 1334-1341 , 2009c.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. et al. Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). *Food Hydrocolloids*. Oxford: v. 21, n. 7, p. 1133–1143, 2007.

JO, C.; KANG, H.; LEE, N. Y.; KWON, J. H.; BYUN, M. W. Pectin-and gelaton-based film: effect of gamma irradiation on the mechanical propperties ans biodegradation. *Radiation Physics ans Chemistry*, v. 72, p. 745-750, 2005.

KAPOOR, S.; RANOTE, P.S.; SHARMA, S. Antioxidant potentials and quality aspects of *Jamun* (*Syzygium cumini* L.) supplemented unleavened flat bread (*Indian chapatti*). *Journal of Applied and Natural Science*, v.7, n.1, p. 309 – 315, 2015.

KITTUR, F. S.; KUMAR, K. R.; THARANATHAN, R.N. Funcional packaging properties of chitosan films, *Z. Lebensm Unters Forsch A*. v.206, p. 44-47, 1998.

LAMOUNIER, M. L. et al. DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE SORVETES ENRIQUECIDOS COM FARINHA DA CASCA DA JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora*) *Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes*, Juiz de Fora, v. 70, n. 2, p. 93-104, mar/abr, 2015.

LÁSCARIS, M. P. S; CHAVES, A. C. S. D. LEITE, J. V; GONÇALVES, J. L. C; NUNES, T. P.DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS, ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA DO EXTRATO DA FIBRA DA MANGA (*MANGIFERA INDICA* L. CV. TOMMY AKTINS). *HIGIENE ALIMENTAR VOLUME 33 – NS. 288/289 – ABRIL / MAIO DE 2019*

LÓPEZ, O. V.; LECOT, C. J.; ZARITZKY, N. E.; GARCÍA, M. A. Biodegradable packages development from starch based heat sealable films. *Journal of Food Engineering*, 105, p. 254–263, 2011.

MALI, S; GROSSMANN, M. V. E.; GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. *Carbohydrate Polymers*, v. 56, p. 129–135, 2004.

MIN, S.; KROCHTA, J. M. Ascorbic Acid-Containing Whey Protein Film Coatings for Control of oxidation. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v. 55, n. 8, p. 2964-2969, 2008

MUSSI, L. P; GUIMARÃES, A. O; FERREIRA, K. S; PEREIRA, N. R. Spouted bed drying of jambolão (*Syzygium cumini*) residue: Drying kinetics and effect on the antioxidant activity, anthocyanins and nutrients contentes. *LWT - Food Science and Technology*, v. 61, p. 80-88, 2015.

OLIVEIRA, T. G. Caracterização de filmes à base de gelatina aditivados com extratos vegetais. USP, São Paulo, 2017

OLIVEIRA, G. F.; FURTADO, N. A. J. C.; SILVA FILHO, A. A.; MARTINS, C. H. G.; BASTOS, J. K.; CUNHA, W. R.; SILVA, M. L. A., Antimicrobial activity of *Syzygium Cumini* (Myrtaceae) leaves extract, Brazilian Journal of Microbiology, vol.38, n. 2, ISSN 1517-8382, 2007.

REIS, A. B. I. Caracterização de filme de cobertura de azeitona aplicados em papelão ondulado. Campinas, São Paulo, 2005

PACHECO, S.M. Frutos da família *Myrtaceae*: Caracterização físico-química e potencial inibitório da atividade das enzimas digestivas. 2015. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) –Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

PAUL, D. K.; SHAHA, R. K. Nutrients, vitamins and mineral content in common citrus fruits in the northern region of Bangladesh. Pakistan Journal of Biological Sciences, v.7, p. 238–242, 2004.

PEIXOTO, M. P. G.; FREITAS, L. A.P. Spray-dried extracts from *Syzygium cumini* seeds: physicochemical and biological evaluation. Rev. Bras. Farmacogn, v.23, n.1, 2013.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M.G.; VILAS BOAS, E. V. B. PEREIRA, R. J. Aspectos de qualidade e composição centesimal dos frutos de *syzygium cumini* (L.) Skeels e *syzygium paniculatum* Gaertn. Rev. Cereus, v. 7, n. 1, p.60-74, 2015.

PELISSARI, F. M.; ANDRADE-MAHECHA, M. M.; SOBRAL, P. J. A.; MENEGALLI, F. C. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). Food Hydrocolloids, v. 30, p. 681-690, 2013.

RAI, D. R. ; CHADHA, S.; KAUR, M.P.; JAISWAL , P.; PATIL, R.T. Biochemical, microbiological and physiological changes in Jamun (*Syzyium cumini* L.) kept for long term storage under modified atmosphere packaging. J Food Sci Technol v.48, n.3, p.357–365, 2011.

REMEDIÓ, L. N. Desenvolvimento e caracterização de filmes ativos de quitosana como veículo dos agentes antimicrobianos sorbato de potássio e nisina, Pirassununga, 2016.

RUFINO , M. S. M.; ALVES R.E.; BRITO,E.S; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. Food Chemistry, v. 121, p. 996–1002, 2010.

SÁ, A. P. C. S. Potencial antioxidante e aspectos químicos e físicos das frações comestíveis (polpa e cascas) e sementes de Jamelão (*Syzygium cumini*, L. Skeels). 72f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia. 2008.

SILVA, M. A.; BIERHALZ, C. K.; KIECKBUSCH, T. G. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca^{2+} ions: effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate Polymers*, v.77, p. 736-742, 2009.

SANTOS, C. T. Frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi: extração ativa, estudo fitoquímico e incorporação em filmes. Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, 2017

SUYATMA, N.E.; COPINET, A.; TIGHZERT, L.; COMA, V. Mechanical and barrier properties of biodegradable films made from chitosan and poly (lactic acid) blends. *Journal of Polymers and the Environment*, vol.12, nº 1, Jan/2004.

TAKEUCHI, A. P. CARACTERIZAÇÃO ANTIMICROBIANA DE COMPONENTES DO AÇAFRÃO (*Curcuma longa* L.) E ELABORAÇÃO DE FILMES ATIVOS COM MONTIMORILONITA E ÓLEO RESINA DE AÇAFRÃO, Dissertação UFG 2012

TRIPATHI, S.; MEHROTRA, G. K.; DUTTA, P. K. Preparation and physicochemical evaluation of chitosan/polyvinyl alcohol/pectin ternary film for food-packaging applications. *Carbohydrate Polymers*, v. 79, p. 711-716, 2010.

TONGNUANCHAN, P. et al. Emulsion film based on fish skin gelatin and palm oil: Physical, structural and thermal properties. *Food Hydrocolloids*, 48, 2015. 248-259.

UGALDE, M. L. Biofilmes ativos com incorporação de óleos essenciais. 2014. 168f. Tese (Doutorado em Engenharia de alimentos). Universidade Regional Integrada - URI Erechim, Erechim-RS, 2014.

XAVIER MA. Estudos com extrato de *Syzygium cumini* (L.) Skeel: Perfil fitoquímico e atividade antimicrobiana sobre *Candida albicans*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia)- Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2015; 37 p.

ZULLO, R.; IANNACE, S. The effects of different starch sources and plasticizers on film blowing of thermoplastic starch: Correlation among process, elongational properties and macromolecular structure. *Carbohydrate Polymers*, v. 77, p. 376–383, 2009.

8. Outras atividades

Monitor do Curso de Análises de Coliformes em Água – DTA/UFS

Minicurso de Produção de Sorvetes – DTA/UFS

V SEMAC – 28º EIC/COPEs - UFS

II Congresso Brasileiro de Engenharia de Alimentos – UFC

IX Congresso Latino-Americano e XV Congresso Brasileiro de Higienistas de Alimentos.